

# Analysis of Ji Jianhua's Heart Rate Variation Characteristics in Game Using the Heart Rate Control Teamwork Management System

Ziyuan Guo\*, Peng Sun, Yao Chen, Lei Xuan

Anhui Institute of Sports Science, Hefei

Email: [gzy8452@sina.com](mailto:gzy8452@sina.com)

Received: Sep. 25<sup>th</sup>, 2014; revised: Oct. 13<sup>th</sup>, 2014; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

**Objective:** To research the optimum mode of training and competition of mountain bike. **Method:** The essay did tracking test and analysis of competition data of Mr. Ji in Huangshan Mountain Bike Match by Finnish Polar heart rate control teamwork management system. **Results:** 1) lap 1: 16'36", the average: HR165 b/min, the maximum: HR182 b/min; 2) lap 2: 16'17", the average: HR173 b/min, the maximum: HR183 b/min; 3) lap 3: 17'11", the average: HR173 b/min, the maximum: HR181 b/min; 4) lap 4: 16'04", the average: HR174 b/min, the maximum: HR181 b/min; 5) lap 5: 15'48", the average: HR176 b/min, the maximum: HR183 b/min; 6) lap 6: 15'48", the average: HR177 b/min, the maximum: HR184 b/min. **Conclusions:** 1) In this competition, the maximum heart rate is 184 b/min; the minimum is HR165 b/min; the average is HR173 b/min; 2) The total time of this championships is 16'17", of which the minimum per one circle is 15'48", and the maximum per one circle is 17'11"; 3) Mountain bike race line is complex, requiring rational physical distribution of the athletes; 4) Different venues need different training modes. **Proposal:** 1) Game content is the base of mountain bike training; 2) The only way to enhance physical energy is improving the conversion capability of lactate; 3) The training mode before the game is the base of tactical applications; 4) The key to win is the distinctive competition rhythm which is suitable for one's own.

## Keywords

Mountain Bike, Championships, Ji Jianhua, Heart Rate, Analysis

---

\*通讯作者。

# 使用心率表团队管理系统对姬建华比赛心率变化特点的分析

郭子渊\*, 孙朋, 陈瑶, 宣磊

安徽省体育科学技术研究所, 合肥

Email: [gzy8452@sina.com](mailto:gzy8452@sina.com)

收稿日期: 2014年9月25日; 修回日期: 2014年10月13日; 录用日期: 2014年10月28日

## 摘要

目的: 探索山地自行车运动员赛前训练和比赛的理想模式。方法: 使用芬兰博能(Polar)心率表团队管理系统对姬建华黄山站比赛的部分数据进行了跟踪测试与分析。结果: 1) 第1圈用时16'36", 平均HR165 b/min, 最高HR182 b/min; 2) 第2圈用时16'17", 平均HR173 b/min, 最高HR183 b/min; 3) 第3圈用时17'11", 平均HR173 b/min, 最高HR181 b/min; 4) 第4圈用时16'04", 平均HR174 b/min, 最高HR181 b/min; 5) 第5圈用时15'48", 平均HR176 b/min, 最高HR183 b/min; 6) 第6圈用时15'48", 平均HR177 b/min, 最高HR184 b/min。结论: 1) 本次比赛6圈最高HR184 b/min, 最低HR165 b/min, 平均HR173 b/min; 2) 本次比赛6圈总用时97'44", 最快1圈用时15'48", 最慢1圈用时17'11"; 3) 山地自行车比赛线路复杂, 对运动员的体能分配要求较高; 4) 不同的比赛场地要执行不同的赛前训练模式。建议: 1) 比什么练什么是山地自行车专项训练的依据; 2) 加强乳酸转化能力的训练是提高其体能的必由之路; 3) 赛前训练模式化是战术应用的基础; 4) 适合自己的、独特的比赛节奏是取胜的关键。

## 关键词

山地自行车, 冠军赛, 姬建华, 心率, 分析

## 1. 引言

山地越野自行车比赛路径比较复杂, 包括短距离公路、树林、山坡、田野土路或砂石路, 有明显的爬坡和下坡。比赛没有固定的距离, 比赛路线一般为每圈 5~6 公里左右, 只按照适合的完成时间来设定比赛圈数, 最先到达终点的运动员为冠军。山地自行车比赛在体能、速度、耐力、技术和战术等方面对运动员要求很高, 同时对教练员在训练内容和训练质量的精心安排方面也提出了挑战。运用心率表团队管理系统监控运动员的训练和比赛过程, 对把握训练质量、了解个体能量分配特点、合理安排调整和恢复等方面具有重要价值。从期刊网检索到已经发表的有关山地自行车训练监控的文献资料中发现, 目前缺少对山地自行车运动员进行系统的训练监控, 本研究的目的旨在探索山地自行车运动员赛前训练的理想模式, 为教练员针对性地安排赛前训练提供参考依据。

## 2. 研究对象和方法

### 2.1. 研究对象

姬建华, 男, 29 岁, 安徽体院山地自行车队运动员。主要成绩: 2005 年十运会男子山地车第三名,

2006 年全国山地自行车冠军赛第三站合肥站男子越野赛和个人计时赛双冠军，2007 年苏州第 13 届亚洲山地自行车锦标赛男子越野赛冠军，从 2007 年到 2012 年间连续 5 年获得中国山地自行车锦标赛男子越野赛冠和个人计时赛双冠军，2013 年第 13 届全运会冠军。在 2008 年的北京奥运会上，以 2 h 5 m 29 s 的成绩排在第 22 位，虽然距离奖牌还很遥远，但这已是中国队在该项目上取得的最好奥运成绩。

## 2.2. 研究方法

### 2.2.1. 资料法

通过期刊网对有关山地自行车训练和比赛监控方面的文献进行检索、分类，从中查找与本次研究有关的研究成果进行整理和分析，为本课题研究提供参考依据。

### 2.2.2. 实验法

使用芬兰产博能(Polar)心率表团队管理系统,对姬建华 2011 年 4 月 10 日在全国山地自行车冠军赛(第六站)黄山站比赛中的心率、时间等数据进行跟踪测试。比赛前，心率表的佩戴按心率表团队管理系统的要求进行操作，比赛后及时取下，并进行数据导出处理，并存放在 Excel 数据库中。

### 2.2.3. 统计分析法

所有测试数据均使用 EXCEL2003 软件处理，实验数据以均值±标准误表示，组间比较采用 t 检验。

## 3. 研究结果

### 3.1. 比赛基本情况

本次比赛总赛程 6 圈，姬建华比赛总用时 1 小时 36 分 41 秒，获得第三名。每圈用时情况如下：第 1 圈 16 分 36 秒，第 2 圈 16 分 17 秒，第 3 圈 17 分 11 秒，第 4 圈 16 分 04 秒，第 5 圈 15 分 48 秒，第 6 圈 15 分 48 秒。平均心率  $173 \pm 6.7$  b/min，最大 HR183 b/min，最小 HR93 b/min，大于 180 b/min 的心率共出现 19 次。

### 3.2. 心率变化情况

整个赛程 6 圈心率变化情况见下图，第 1 圈心率变化情况见图 1，第 2 圈心率变化情况见图 2，第 3 圈心率变化情况见图 3，第 4 圈心率变化情况见图 4，第 5 圈心率变化情况见图 5，第 6 圈心率变化情况见图 6。

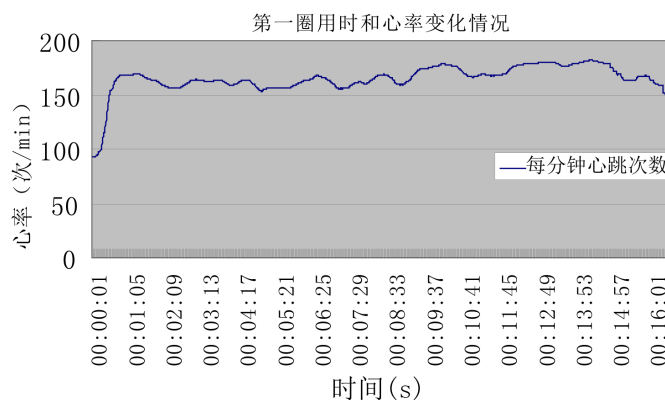


Figure 1. The first lap game heart rate variation

图 1. 第 1 圈比赛心率变化图

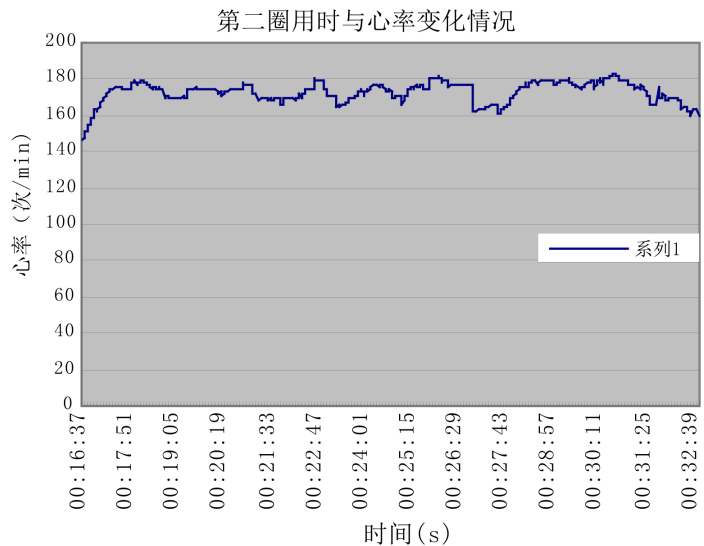


Figure 2. The second lap game heart rate variation

图 2. 第 2 圈比赛心率变化图

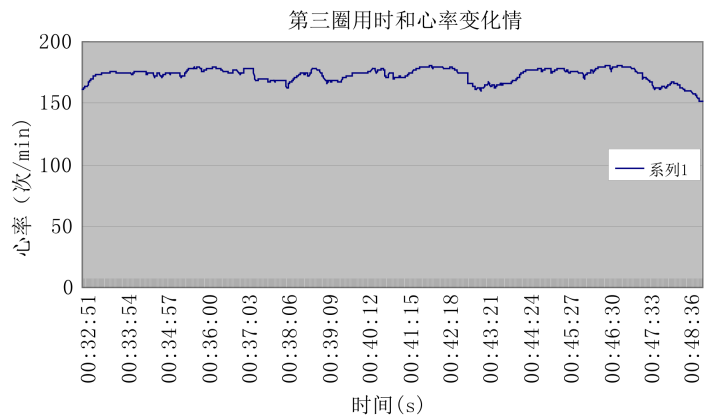


Figure 3. The third lap game heart rate variation

图 3. 第 3 圈比赛心率变化图

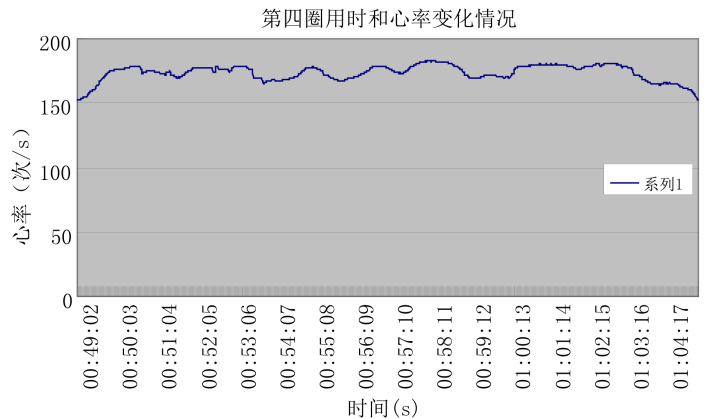


Figure 4. The fourth lap game heart rate variation

图 4. 第 4 圈比赛心率变化图

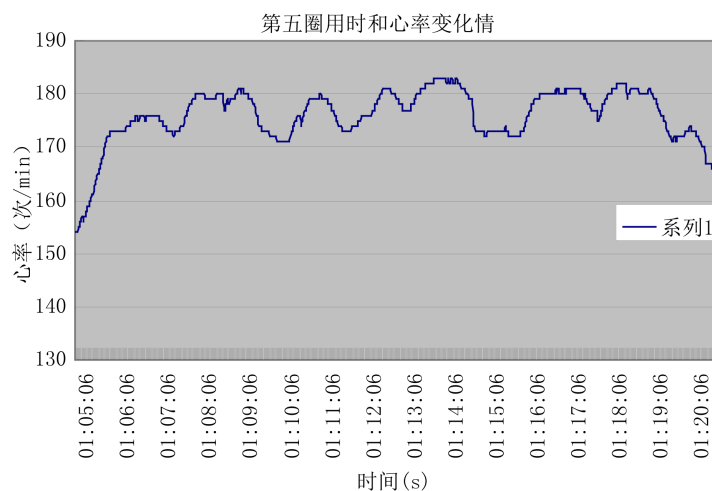


Figure 5. The fifth lap game heart rate variation

图 5. 第 5 圈比赛心率变化图

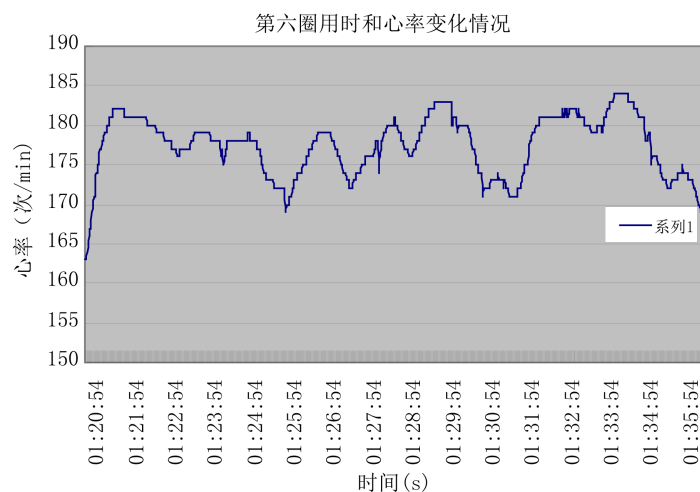


Figure 6. The sixth lap game heart rate variation

图 6. 第 6 圈比赛心率变化图

### 3.3. 每圈心率变化和用时情况

从表 1 和图 1、图 2、图 3、图 4、图 5、图 6 的测试结果可以看出：姬建华第 1 圈总用时 16 分 36 秒，平均心率  $164.9 \pm 13.1$ ，最高心率 182 次/min，最低心率 93 次/min；第 2 圈总用时 16 分 17 秒，平均心率  $172.7 \pm 5.7$ ，最高心率 183 次/min，最低心率 146 次/min；第 3 圈总用时 17 分 11 秒，平均心率  $172.8 \pm 5.7$ ，最高心率 181 次/min，最低心率 151 次/min；第 4 圈总用时 16 分 04 秒，平均心率  $173.6 \pm 6.2$ ，最高心率 181 次/min，最低心率 153 次/min；第 5 圈总用时 15 分 48 秒，平均心率  $176.1 \pm 5.3$ ，最高心率 183 次/min，最低心率 162 次/min；第 6 圈总用时 15 分 48 秒，平均心率  $177.2 \pm 3.8$ ，最高心率 184 次/min，最低心率 167 次/min。

### 3.4. 2011 年冠军赛黄山站线路特点

通过心率的变化特点可以分析姬建华在比赛过程中的强度情况和线路特征，把心率超过 180 b/min 的区间(骑行有难度路段)命名为相对应的海拔高点。从表 2 可以看出：

**Table 1. Ji Jianhua each lap's heart rate changes and time table**  
**表 1. 姬建华每圈心率变化和用时情况表**

	平均 HR	标准差	最大 HR	最小 HR	消耗时间
第一圈	165	13	182	93	16'36"
第二圈	173	6	183	146	16'17"
第三圈	173	6	181	151	17'11"
第四圈	174	6	181	153	16'04"
第五圈	176	5	183	162	15'48"
第六圈	177	4	184	167	15'48"

**Table 2. 2011 Championship Huangshan Station line characteristic analysis**  
**表 2. 2011 年冠军赛黄山站线路特点分析**

障碍 圈数	第 1 高点		第 2 高点		第 3 高点		第 4 高点		第 5 高点	
	开始	结束	开始	结束	开始	结束	开始	结束	开始	结束
第一圈	顺利通过		顺利通过		顺利通过		12'48"	13'16"	13'56"	14'37"
第二圈	顺利通过		顺利通过		8'09"	8'26"	顺利通过		13'37"	14'07"
第三圈	顺利通过		顺利通过		8'47"	9'27"	顺利通过		13'30"	14'05"
第四圈	顺利通过		顺利通过		7'41"	8'42"	10'40"	11'37"	12'18"	13'02"
第五圈	1'54"	3'11"	6'25"	6'47"	7'18"	8'32"	10'18"	11'24"	11'58"	13'04"
第六圈	1'24"	2'37"	6'35"	6'51"	7'28"	8'58"	10'20"	11'43"	12'02"	13'05"

注：心率低于 180 b/min 的路段为顺利通过；心率超过 180 b/min 的路段为骑行有难度路段，依次命名为第 1、2、3、4、5 高点，有开始时间和结束时间。

第 1 圈大于 180 次/min 的心率出现 2 次，持续时间分别为 28 秒和 41 秒。第 1 高点出现在第 1 圈从第 12 分 48 秒开始到 13 分 16 秒结束，持续时间 28 秒；第 2 高点出现在第 1 圈从第 13 分 56 秒开始到 14 分 37 秒结束，持续时间 41 秒。

第 2 圈大于 180 次/min 的心率出现 2 次，持续时间分别为 17 秒和 30 秒。第 1 高点出现在第 2 圈从第 8 分 9 秒开始到 8 分 26 秒结束，持续时间 17 秒；第 2 高点出现在第 2 圈从第 13 分 37 秒开始到 14 分 07 秒结束，持续时间 30 秒。

第 3 圈大于 180 次/min 的心率出现 2 次，持续时间分别为 40 秒和 35 秒。第 1 高点出现在第 3 圈从第 8 分 47 秒开始到 9 分 27 秒结束，持续时间 40 秒；第 2 高点出现在第 3 圈从第 13 分 30 秒开始到 14 分 05 秒结束，持续时间 35 秒。

第 4 圈大于 180 次/min 的心率出现 3 次，持续时间分别为 61 秒、57 秒和 44 秒。第 1 高点出现在第 4 圈从第 7 分 41 秒开始到 8 分 42 秒结束，持续时间 61 秒；第 2 高点出现在第 4 圈从第 10 分 40 秒开始到 11 分 37 秒结束，持续时间 57 秒；第 3 高点出现在第 4 圈从第 12 分 18 秒开始到 13 分 02 秒结束，持续时间 44 秒。

第 5 圈大于 180 次/min 的心率出现 5 次，持续时间分别为 77 秒、22 秒、74 秒、66 秒和 44 秒。第 1 高点出现在第 5 圈从第 1 分 54 秒开始到 3 分 11 秒结束，持续时间 77 秒；第 2 高点出现在第 5 圈从第 6 分 25 秒开始到 6 分 47 秒结束，持续时间 22 秒；第 3 高点出现在第 5 圈从第 7 分 18 秒开始到 8 分 32 秒结束，持续时间 74 秒。其中，在 7 分 43 秒到 8 分 13 秒之间，心率持续保持在 183 次/min，保持时间 33 秒；第 4 高点出现在第 5 圈从第 10 分 18 秒开始到 11 分 24 秒结束，持续时间 66 秒；第 5 高点出现在第

5圈从第11分58秒开始到13分04秒结束,持续时间66秒。

第6圈大于180次/min的心率出现5次,持续时间分别为73秒、16秒、90秒、83秒和63秒。第1高点出现在第6圈从第1分24秒开始到2分37秒结束,持续时间73秒;第2高点出现在第6圈从第6分35秒开始到6分51秒结束,持续时间16秒;第3高点出现在第6圈从第7分28秒开始到8分58秒结束,持续时间90秒。其中,在7分47秒到8分12秒之间,心率持续保持在183次/min,保持时间25秒;第4高点出现在第6圈从第10分20秒开始到11分43秒结束,持续时间83秒;第5高点出现在第6圈从第12分02秒开始到13分05秒结束,持续时间63秒。

## 4. 分析讨论

### 4.1. 山地自行车项目的负荷特点

国内关于山地越野自行车在生理生化研究方面的报道很少,国外研究成果也十分有限。Tapelfeldt等研究人员通过对优秀山地自行车运动员15次比赛的心率测试发现,每次比赛平均心率为最大心率的91%,39%的比赛时间内输出功率低于无氧阈强度,19%的时间内输出功率介于无氧阈和个体乳酸阈之间,20%的时间内输出功率处于个体乳酸阈和实验室递增强度测试所得的最大输出功率之间,22%的时间内输出功率高于实验室递增强度测试所得的最大输出功率水平[1]。姬建华本次比赛平均HR为173 b/min,最高HR为184 b/min,平均心率为最大心率的94.0%,从第1圈到第6圈平均心率分别为最大心率的90.7%、94.5%、95.6%、96.1%、96.2%,比赛强度可想而知。这些研究都可以说明山地自行车是间歇用力的高强度运动项目。

### 4.2. 黄山站线路特点与比赛结果的关系

黄山站每圈有5个相对海拔高点(赛道难度障碍),第1个在出发后2分钟左右,第2个在出发后6-7分钟,第3个在出发后7~9分钟,第4个在出发后10~12分钟,第5个在出发后12~14分钟,其中第3、4、5个海拔高点难度相对较大。姬建华在第1圈前三道障碍不能迅速通过(可能是队伍拥挤引起),估计会耽误时间30~60s。第2圈、第3圈各有3道障碍可以选择1个加速通过,尤其是第3圈,如果节奏掌握好的话,理论上可以节约1分钟左右。在每圈节奏都掌握好的情况下,该站比赛可以提前2分钟到达终点,其成绩将超过本次冠军的成绩。

### 4.3. 比赛第3圈出现能力暂时性下降

在全部6圈比赛中,第3圈用时最多为17'11",与用时最少(15'48")的第5圈和第6圈相比多用时1'23",甚至比第1圈多用时35"。从心率变化情况看:平均心率为173次/min,与第2圈(173次/min)和第4圈(174次/min)差不多,比第5、第6圈少3~4次/min;最大心率出现2次为181次/min,与第4圈一样,是全部6圈比赛中最低的;最小心率为151次/min,与第2圈(146次/min)和第4圈(153次/min)差不多,比第5、第6圈少11~16次/min。最大心率不大,最小心率不小,平均心率几无变化,运动速度明显下降,这是典型的体能下降表现。从比赛时间节点来看,出现体能下降的区域在赛程第28'44"到38'11"之间,从赛后对运动员的了解情况看,赛中并未出现意外故障,只是稍微放慢了比赛的节奏。因此,能力下降或/和战术应用是导致第3圈速度下降的最主要原因。

### 4.4. 乳酸转化能力决定整体竞技实力

山地越野自行车运动是一项对无氧和有氧耐力要求很高的竞技项目,需要运动员在训练或比赛中充分调动自身的有氧和无氧能量供给系统。因此,耐酸能力(无氧耐力)和乳酸转化能力(有氧氧化能力)的训

练内容十分重要。从心率变化曲线看，山地自行车比赛的负荷应属于极限与亚极限负荷强度范围。在这种负荷强度下运动，乳酸不断产生，并会在体内持续积累。有研究表明，大约有 70%~75%的乳酸在心肌和氧化型肌纤维中进行氧化或在肝脏中作为糖异生的底物[2]。极限大负荷运动时，不断增加的乳酸会通过血液循环到达心肌或临近氧化型的肌纤维中进行氧化，以紧急提供极限负荷运动时所需要的能量。有研究认为，乳酸可能是一种拟似激素，在能量代谢环节上起到代谢信号的作用，乳酸通过血液运输或穿梭作用去动员组织中的糖原，使其分解以适应随着运动强度的增加对代谢需求的增加[3]。也有研究者认为，乳酸和丙酮酸之间的转换能够调  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  之间的比率，调节了细胞的氧化还原状态，从而影响了细胞内的代谢水平[4]。大量的乳酸堆积，一方面导致体能下降(其实也是保护机体免受损伤)，另一方面也作为氧化底物为极限运动提供能量。有研究发现，运动员专项力量和专项最大强度训练成绩的提高，往往伴随着血乳酸的明显升高[5]。所以，冲酸和耐酸应属于山地自行车运动员最基本的体能能力，乳酸转化能力决定运动员的整体竞技实力。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

- 1) 本次比赛 6 圈最高 HR184 b/min，最低 HR165 b/min，平均 HR173 b/min；
- 2) 本次比赛 6 圈总用时 97'44"，最快 1 圈用时 15'48"，最慢 1 圈用时 17'11"；
- 3) 山地自行车比赛线路复杂，对运动员的体能分配要求较高；
- 4) 不同的比赛场地要执行不同的赛前训练模式。

### 5.2. 建议

#### 5.2.1. 比什么练什么是山地自行车专项训练的依据

山地自行车比赛的线路特点决定了其专项训练特点。山地自行车比赛中，赛道、对手竞技能力、环境等因素对比赛负荷特征有较大影响[6]。专项力量训练和专项最大强度训练对提高比赛成绩起至关重要，应该是重点训练内容。从能量代谢角度看，山地自行车训练应加强具有专项特点的无氧糖酵解供能训练，特别是山路爬坡训练。目前，在具有世界水平的重大比赛中，运动员的专项骑行技术和爬坡路段的成绩往往是赢得比赛的关键所在[7]。从山地自行车比赛的特点看，较长时间的间歇性大强度运动需要与之相适应的训练策略，包括间歇性冲酸和耐酸能力的训练，同时还要提高运动员自身的整体运动强度，以形成具有自身特点的、尽可能快的快节奏，这是取胜的关键所在。有研究发现，4 组 1 km 全力爬坡间歇 7 分钟的训练，是比较适合的冲酸和耐酸能力训练方案，其 4 组坡顶血乳酸峰值为 13~14 mmol/L，从第 2 组开始每组出发前血乳酸为 10~11 mmol/L，运动员平均血乳酸值基本保持在 12 mmol/L 左右[8]。当然，不同的气温、场地、运动个体等都需要一个相对变化的训练计划，但其目的是相同的——提高冲酸和耐酸能力[9]。

#### 5.2.2. 加强乳酸转化能力的训练是提高其体能的必由之路

山地自行车运动员在长时间进行间歇性大强度比赛的过程中，产生了大量的乳酸，乳酸的大量堆积会产生运动性疲劳，导致运动能力下降。但是，如果运动员的乳酸清除能力较强，就会把大量堆积的乳酸作为底物进行氧化，为运动提供能量。因此，提高姬建华乳酸转化能力是提高其体能的关键，也是赛前训练中必须探索的路径之一。

#### 5.2.3. 赛前训练模式化是战术应用的基础

运动员在比赛中使用何种战术，完全取决于其赛前训练的模式。如果比赛时使用赛前训练中没有演



练过的战术，其比赛过程和比赛结果肯定是不可控制的。根据姬建华年龄、技术、体能、恢复等特点，对姬建华黄山站赛前训练提出5点基本要求：1) 每次训练课总时间不超过2小时；2) 每周1次的实战课安排在比赛日进行，按照比赛时间倒推，全周其他训练内容都要围绕这次主课进行；3) 如果每周为一个小周期，赛前5周进入赛前训练期，第一周大运动量小强度、第二周中等负荷合强度、第三和第四周大强度小运动量、第五周中等强度(调整期)；4) 第一、二周各一个实战课，第三、四周各一个实战课，外加一个大强度课，第五周前半周强度课，下半周调整，第六周第一天进入比赛；5) 其他基本训练内容根据具体情况适当安排。

#### 5.2.4. 适合自己的、独特的比赛节奏是取胜的关键

运动员在比赛过程中使用何种节奏完全取决于自身的条件和能力。一般来说，年轻运动员拼体力领跑，有经验的运动员拼技术和战术跟随。比赛节奏要根据场地条件、体能特点、技术风格、团队实力等因素来制订，其中最重要的因素是场地条件和体能特点。无论是领跑或是跟随都是被动战术，都不是运动员自己的、独特的节奏。所谓自己的、独特的节奏就是根据场地条件，在事先选定的区域进行冲刺或加速，冲刺或加速区域的选择一般在开阔的山顶丘陵地带，而且海拔相差不大，无论是上坡或是下坡都可以，运动员只要到达该区域就加速、超越。加速区域的选择和次数的多少完全依据场地条件和个人能力而定。其实，这就是赛前训练的核心节奏，也是提高乳酸转化能力的最有效手段。

### 基金项目

安徽省科技厅年度科研计划项目(2010年~2011年)《优秀运动员赛前训练模式的生理生化指标监控研究》。项目编号：10021303015。

### 参考文献 (References)

- [1] Stapelfeldt, B. (2004) Workload demands in mountain bike cycling. *International Journal of Sports Medicine*, **25**, 294-300.
- [2] Brooks, G. (2007) A lactate: Link between glycolytic and oxidative metabolism. *Sports Medicine*, **4-5**, 341-343.
- [3] Brooks, G.A. (2002) Lactate shuttles in nature. *Biochemical Society Transactions*, **30**, 258-264.
- [4] Cerdan, S., et al. (2006) The redox switch/redox coupling hypothesis. *Neurochemistry International*, **48**, 523-530.
- [5] 武桂新, 蔡蓓蕾, 周广科 (2010) 山地越野自行车运动训练的生理生化监控. *南京体育学院学报(自然科学版)*, **3**, 23-26.
- [6] 朱那, 曹佩江, 盛蕾, 等 (2013) 我国优秀女子山地自行车运动员比赛负荷特征研究. *中国体育科技*, **1**, 127-133.
- [7] Faria, E.W., et al. (2006) The science of cycling—Factors affecting performance—Part 2. *Sports Medicine*, **35**, 313-337.
- [8] 连建华 (2004) 血乳酸在自行车训练监控中的应用. *山东体育科技*, **3**, 41-42.
- [9] 刘宏 (2005) 心率在山地自行车训练监控中的应用. *安徽体育科技*, **6**, 52-53.